

Impacto da falta de peças de reposição na eficiência da produção: Uma análise com o indicador OEE

Impact of missing spare part on production efficiency: An analysis with the OEE indicator

Everaldo Francisco da Silva* - everaldo_silvaf@globomail.com
Luís Fernando Ferreira Damasceno - luisfernandofd@yahoo.com.br
Adriano Maniçoba da Silva* - adrianoms@ifsp.edu.br
William de Paula Ferreira* - william.ferreira@ifsp.edu.br

*Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano

Article History:

Submitted: 2017 - 09 - 12

Revised: 2017 - 10 - 10

Accepted: 2017 - 10 - 10

Resumo: Nos dias atuais, com as mudanças no cenário mundial em meio à globalização, o surgimento de novas tecnologias e novas formas de organização vêm impulsionando as empresas a se tornarem mais competitivas, a reformularem as suas estratégias e processos de operações, principalmente com a utilização eficiente de todos os seus recursos. A gestão da manutenção é fundamental neste processo para que se mantenha o funcionamento adequado dos processos de produção. Estudos anteriores sobre a análise de eficiência por meio de indicadores investigaram a aplicação do indicador *OEE (Overall Equipment Efficient)* em diversos contextos. O objetivo desta pesquisa foi analisar o impacto da falta de peças de reposição na eficiência da produção utilizando como métrica o indicador OEE. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa do segmento químico que utiliza operação industrial de forma contínua. Os resultados indicaram que a falta de uma peça essencial para o funcionamento de uma máquina prejudicou toda a cadeia produtiva na qual ela está inserida.

Palavras-chave: Eficiência; Estoque; Peças de reposição; OEE.

Abstract: Nowadays, with changes in the world scenario in the midst of globalization, the emergence of new technologies and new forms of organization have been driving companies to become more competitive, to redesign their strategies and operations processes, especially with efficient use of all its resources. Maintenance management is fundamental in this process in order to maintain the proper functioning of production processes. Previous studies on the efficiency analysis through indicators have investigated the application of the OEE (Overall Equipment Efficient) indicator in several contexts. The objective of this research was to analyze the impact of the lack of spare parts on the production efficiency using as metric the OEE indicator. For that, a case study was carried out in a chemical company that uses industrial operations in a continuous way. The results indicated that the lack of an essential part for the operation of a machine impaired the entire productive chain in which it is inserted.

Keywords: Efficiency; Stock; Spare parts; OEE.

1. Introdução

Neste cenário de mudanças constantes, uma racional gestão dos estoques se torna uma estratégia necessária para se obter harmonia entre fornecimento e demanda. Pode-se afirmar que os estoques atuam como amortecedores entre estágios da produção, seja para manutenção ou fabricação.

Segundo Ballou (2001), a decisão de manter itens em estoque é uma das quatro principais problemáticas do planejamento logístico. Se por um lado o estoque permite à empresa superar as oscilações do mercado, por outro lado, elevados níveis de estoque ocasionam um aumento de capital investido em itens e componentes que só trará retorno para empresa quando utilizados no seu processo.

Os custos fundamentais envolvidos neste contexto são, de um lado, os custos de armazenamento e os juros do capital imobilizado na estocagem das peças e, de outro, os custos decorrentes da interrupção da produção. Os custos de armazenamento e os juros do capital imobilizado em estoque agem, no caso de peças de reposição, exatamente como para os estoques de matérias-primas; a sua determinação é estudada em artigos que tratam do lote econômico de compras. O custo de interrupção da produção, por sua vez, é constituído das despesas correspondentes a mão-de-obra parada, ao equipamento ocioso, ao prazo de entrega adiado e à própria perda ocasional da encomenda, quando não do cliente (Weil, 1966).

Caso aconteça uma quebra ou falha inesperada em algum equipamento e os recursos materiais para executar a manutenção não estejam disponíveis, esse fato pode gerar prejuízos para a empresa. O impacto no processo como um todo pode ser significativo, o que força os gestores a tomarem decisões logísticas no sentido de efetuar mudanças no planejamento (Epaminondas e Siqueira, 2010).

Desta forma, pode-se afirmar que a manutenção exerce papel importante em uma organização. O mercado requer máquinas e equipamentos que executem as tarefas de forma rápida, com baixo custo, alta confiabilidade e máxima disponibilidade.

A falta de um componente essencial para o funcionamento de uma máquina pode prejudicar toda a cadeia produtiva na qual ela está inserida. Por exemplo, se um compressor centrífugo (equipamento responsável por fazer o transporte dos gases) estiver parado devido a uma manutenção, impedirá que o fluído seja transportado adiante ao processo químico, gerando necessidade de parada de área, visto ser um equipamento importante no processo de reação.

A política de estoques de segurança de componentes em um setor de manutenção poder ser uma estratégia bem-sucedida, visto que nem sempre o fornecimento está alinhado com a demanda, o que pode prejudicar a manutenção dos equipamentos. A disponibilidade da peça de reposição permite uma manutenção satisfatória e contribui para elevar o nível de serviço ao cliente (Epaminondas e Siqueira, 2010).

Em virtude do exposto, foi definida a seguinte pergunta de pesquisa: “Como a Falta de peças sobressalentes pode impactar na eficiência de um processo químico?” Desta forma, este artigo teve como objetivo analisar o impacto causado pela falta de componentes para manutenção em uma indústria química de produção contínua. Para tanto, utilizou-se o indicador de eficiência OEE.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Capacidade produtiva

Para poder quantificar o quanto uma empresa pode atender satisfatoriamente a demanda do mercado é fundamental que seja mensurável o quanto ela pode produzir ao longo de seu processo de transformação de insumos em produtos acabados.

Isso é possível por meio da mensuração da capacidade produtiva. Essa capacidade significa a quantidade máxima de produtos que uma empresa pode produzir, com os seus recursos. Moreira (1998) definiu a capacidade como o máximo produzido num determinado espaço de tempo. Esse máximo, para Stevenson (2001), se refere à quantidade limite que um processo produtivo pode suportar, sendo esse processo o conjunto da interação entre homem, máquina no ambiente produtivo.

Slack *et al.* (2002) definem a capacidade como o número máximo de produtos que se pode produzir em condições normais de operações. Isso por que apesar do processo ser dimensionado para produzir um determinado número de peças, existem diversos fatores que limitam essa capacidade. Assim, uma empresa não conseguirá utilizar toda a sua capacidade produtiva devido a esses fatores.

Para Peinado e Graeml (2007) a capacidade pode ser classificada como:

- ✓ Capacidade Instalada: É a quantidade máxima produzida ininterruptamente, todos os dias da semana sem considerar paradas, ou perdas;
- ✓ Capacidade disponível, ou de projeto: É aquela que considera a jornada de trabalho planejada, não considerando as perdas e paradas no processo;

- ✓ Capacidade Efetiva ou de carga: É aquela que desconta as paradas planejadas no processo. São consideradas paradas planejadas todas operações de interrupção do processo produtivo que envolvam setups de máquinas, manutenções preventivas, trocas de turno e coleta de amostras;
- ✓ Capacidade Real: Definida depois de descontadas também as paradas não planejadas no processo produtivo. Via de regra, paradas não planejadas são frutos de falta de peças, paradas para manutenção corretiva e verificações de qualidade no processo.

Osório (1992) ilustra a questão da mensuração da capacidade produtiva, e a sua importância, conforme Figura 1.

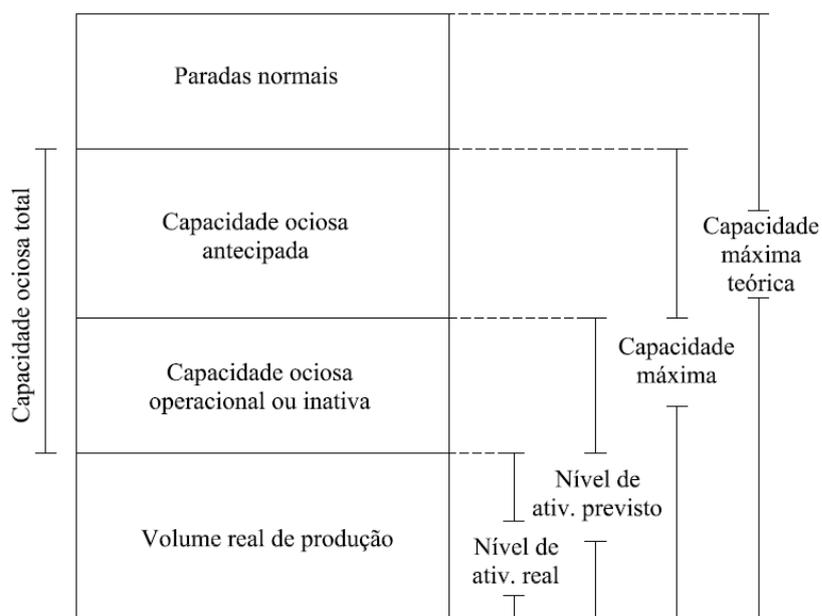


Figura 1 - Ilustração da Capacidade Produtiva
Fonte: Adaptado de Osório (1992)

Assim, para que uma empresa possa melhorar a produtividade, é necessário que se atente para a questão da eficiência no processo, para que possa estar o mais próximo possível da capacidade efetiva planejada.

2.2. Indicadores de desempenho

Um processo produtivo após ter planejado sua capacidade produtiva efetiva, precisa ter um acompanhamento para verificar se a produtividade está de acordo com os níveis planejados e o desempenho produtivo está de acordo com os padrões de eficiência e produtividade propostos.

A eficiência trata da maximização dos resultados com os mesmos recursos disponíveis (Mariano, 2007). Produtividade e eficiência são conceitos distintos, mas o primeiro complementa o segundo. Enquanto o conceito de produtividade está atrelado ao quanto o processo produz num determinado período de tempo, o de eficiência se refere a quanto melhorou a produtividade do processo como um todo.

Assim, segundo Moreira (2014), os indicadores “servem para medir características de processos, serviços ou produtos”. Para Rummler (1994) para esses indicadores refletirem a situação real do processo produtivo devem estabelecidos por meio de:

- ✓ Índices: valor aferido após o cálculo num determinado período.
- ✓ Padrão: índice conferido como referencial como comparativo para o indicador.
- ✓ Meta: índice requerido para ser alcançado naquele determinado período.
- ✓ Dentre os padrões de desempenho, de acordo com Moreira (2014), podem-se destacar:
- ✓ Padrões Históricos: comparação entre o quadro atual e os anteriores para verificar eventual melhora de resultados.
- ✓ Padrão de Desempenho Alvo: valor de desempenho arbitrário visto como positivo.
- ✓ Padrão de Desempenho da Concorrência: Comparação de desempenho com o concorrente para sobretudo tomar decisões estratégicas.
- ✓ Padrões de Desempenho Absoluto: alcance de grau de eficiência na operação.

De acordo com Bandeira (2010), divide-se os indicadores entre:

1. Eficiência: avalia a relação entre o que foi gasto e o que foi alcançado;
2. Eficácia: avalia a relação dos resultados obtidos com os objetivos acertados;
3. Capacidade: mensura a quantidade produzida em um determinado tempo;
4. Produtividade: verifica a relação entre o que entrou no processo e o que saiu após o processo;
5. Qualidade: relação entre os defeitos e a quantidade total produzido;
6. Lucratividade: relação entre o custo para produção e o lucro aferido;
7. Rentabilidade: mede o retorno sobre o capital investido;
8. Competitividade: relação entre empresas ou produtos concorrentes;

9. Efetividade: Qualidade dos resultados Obtidos.

2.3. O índice OEE- (*Overall Equipment Effectiveness*)

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), um dos principais índices de desempenho e eficiência de produção. Desenvolvido pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* por Seiichi Nakajima, um dos criadores da TPM (*Total Productive Maintenance*) (Silva. *et.al.*, 2014).

Segundo Hansen (2006), o OEE é considerado por diversos consultores uma das principais métricas para medição de desempenho pois fornece de um índice de subutilização dos equipamentos que são classificados de acordo com a porcentagem expressa nos resultados, sendo que, abaixo de 65%, significa um grau de OEE insatisfatório, entre 65% e 75%, satisfatório, entre 75% e 85% um índice bom e acima dos 85% é considerado um nível de OEE de classe mundial, ou seja, que o processo está plenamente satisfatório.

Jeong e Phillips (2001) mostram que a medição do OEE é utilizada de forma constante por indústrias de capital intensivo pois o índice tem um escopo de avaliação mais ampla, pois há uma análise dos problemas na sua causa raiz, o que aumenta a efetividade e a capacidade do equipamento. Ron e Rooda (2005) descrevem que o OEE é muito útil quando se analisa uma operação de alto volume de produção, onde preconiza-se a produtividade, como por exemplo em processos contínuos.

Contudo, há críticas em relação ao índice, por exemplo, de acordo com Ron e Rooda (2005) há limitações na definição e medição dos tempos de ciclo de processos que exigem paradas curtas. Ainda conforme Bamber *et al.* (2003) e Braglia, Frosolini e Zammori (2008) há limitação na utilização do índice quando se trata de problemas com mais de um equipamento em processos inter-relacionados. De acordo com Stamatis (2010), o cálculo do OEE envolve a multiplicação de três indicadores: disponibilidade, performance e qualidade. Assim, pode-se efetuar o cômputo da seguinte forma:

$$\text{DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{TEMPO DISPONÍVEL} - \text{TEMPO INATIVO}}{\text{TEMPO DISPONÍVEL TOTAL}}$$

$$\text{PERFORMANCE} = \frac{\text{TEMPO DE OPERAÇÃO REAL}}{\text{TEMPO OPERACIONAL}}$$

$$\text{QUALIDADE} = \frac{\text{TOTAL DE PEÇAS PROD.} - \text{PEÇAS DEFEITUOSAS}}{\text{TOTAL DE PEÇAS PRODUZIDAS}}$$

Após os cálculos dos índices, estes se multiplicam entre si conforme a fórmula:

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDADE} \times \text{PERFORMANCE} \times \text{QUALIDADE}$$

3. Metodologia

Esta pesquisa foi operacionalizada por meio de um estudo de caso de caráter descritivo e qualitativo, uma vez que relata e analisa a eficiência da produção numa indústria do segmento químico.

Um dos métodos para coleta e levantamento de dados foi a utilização de entrevistas com especialistas no assunto de forma secundária, conduzidas mediante duas formas: a primeira destinada ao levantamento das características do segmento da empresa estudada e de qual forma a mesma realiza suas operações, e a segunda voltada à investigação das causas da parada não programada de produção e suas consequências na eficiência através de informações da literatura. Segundo Yin (2001), uma das mais importantes fontes de informações para um estudo de caso são as entrevistas, já que sua natureza permite que se indague sobre os fatos de maneira que se peça a opinião dos especialistas sobre determinados eventos.

A coleta de dados também foi pautada pela consulta de documentação e registros em arquivos para fossem utilizados em conjunto com outras fontes de informações. De acordo com Yin (2001), os documentos desempenham um papel importante em qualquer coleta de dados.

Tomando-se como ponto de partida as características peculiares deste estudo, a análise da documentação consistiu na busca de dados e informações contidas em gráficos e sistemas de gestão de ativos. Com isso, a partir da análise dos dados, foi efetuado, por meio do estudo entre a relação da produção e da confiabilidade, o cômputo do OEE do processo e os processos de estocagem de peças.

4. Resultados

Inicialmente realizou-se os cálculos de eficiência de produção, relacionando a capacidade efetiva e real. Foi ainda calculada a eficiência, detalhando o impacto de uma parada devido a uma manutenção emergencial e as possíveis perdas caso não houvessem peças em estoque. A seguir foi efetuada a análise OEE visando obter um panorama geral da operação e calcular a eficiência global de equipamentos do processo através desse método.

Identificou-se que no processo analisado os equipamentos operavam em modo contínuo com carga nominal de aproximadamente 42 ton/h.

As horas-calendário foram computadas em função da quantidade de equipamentos utilizados no respectivo ano. Considerando apenas um processo que fabrica um derivado do petróleo, tem-se que o total de horas ao longo de um ano foi de 720 horas (24 horas × 30 dias).

A unidade operava com uma bomba grande capaz de bombear uma capacidade média de 42 ton/h, atendendo a demanda da unidade. Como alternativa haviam duas bombas em espera que atingiam também 42 ton/h. A bomba de carga do processo químico estudado é exibida na Figura 2.



Figura 2 - Bomba de carga do processo químico estudado
Fonte: Os autores do estudo

Em um determinado mês de 2014, a unidade teve que parar por 3 vezes devido a falha nesse conjunto de bombas e por falta de peças no estoque. O período de manutenção de uma bomba coincidiu com defeito de outra e assim por três vezes a área acabou ficando impossibilitada de produzir. Entre as falhas mais comuns nesse tipo de equipamento está a de sistema de selagem (mecanismo utilizado para evitar passagem do fluído para atmosfera) e motor. Conforme esquema de processo, a bomba A, foi o equipamento que apresentou falhas.

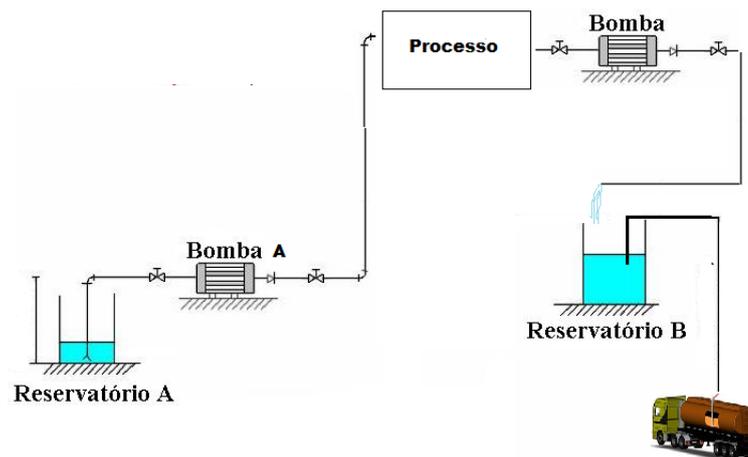


Figura 3 - Esquema básico do processo químico estudado
Fonte: Os autores do estudo

Estima-se um período médio de 12h para manutenção desses equipamentos considerando a mão-de-obra e o planejamento de liberação da bomba em questão. Desta forma, tem-se:

1. 12 Horas para manutenção
2. 12 Horas para condicionamento e especificação do produto final
3. Total em média de 24 horas sem produção, entre a parada, partida e operação normal.

Levando em consideração a capacidade nominal mensal, tem-se:

1. 720 horas x 42 toneladas por hora = 30.240 toneladas/mês
2. Logo, a capacidade efetiva diminuindo as perdas não planejadas é de:
3. 720 horas – 72 horas (3 eventos) = 648 horas
4. 648 x 42 toneladas por hora = 27.216 toneladas/mês

Calculando a eficiência do mês do evento, tem-se:

$\text{Grau de Eficiência} = \frac{\text{Capacidade de produção real} = 27.216}{\text{Capacidade efetiva} = 30.240} = 90\%$

Considerando que o mesmo evento ocorreu 3 vezes nesse período no primeiro semestre de 2014, então, somente com base nesse determinado tipo de ocorrência, pode-se estimar que o setor deixou de produzir cerca de 3.024 toneladas.

4.1 Obtenção do OEE

A fim de adaptar as perdas para a realidade da indústria química, alvo deste estudo de caso, também foi considerado para o cálculo do OEE o valor total de produção do mês, visto que a mesma pode ser causada pela sazonalidade na demanda e também pela variação da elevação exponencial de carga pós-parada e também devido a falhas de confiabilidades em outros equipamentos. A Tabela 1 apresenta os dados da operação mensal.

Tabela 1 - Dados da operação mensal

Operação mensal		
Produção total	21.600 toneladas	Produção média (baseada em variação exponencial da produção, relacionada a confiabilidade de equipamentos)
T/C	1,44 min	
Paradas programadas	0	Produção Contínua, sem parada programada mensal
Paradas não programadas	36h	12h de condicionamento e operação, produto fora de especificação
Produção fora de especificação	720 toneladas	36h × carga mínima da unidade de 20 t/h, tempo de especificação do produto

Fonte: Os autores do estudo

Levando em consideração esses fatores, foi estabelecido que a aplicação das métricas OEE teria como alvo primeiramente um único processo. Em seguida estabeleceu-se a janela de tempo de coleta de dados, a qual compreenderia um período de trinta dias.

4.1.1. Disponibilidade

Calculou-se o percentual do tempo que o equipamento estava trabalhando, comparado ao total do tempo disponível para ser utilizado.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{720 - 36}{720} = 95 \%$$

4.1.2 Performance

Obteve-se a relação entre a velocidade real que o equipamento operou com a velocidade padrão que ele deveria operar.

$$720 \text{ h/mês} - 0 \text{ Parada Prog.} - 36 \text{h Parada não Prog.} = 684 \text{ h}$$

Se em 1,44 min é produzida uma tonelada de Aguarrás, em 684 horas, tem-se a produção de 28.500 toneladas.

Logo,

$$\text{Performance} = \frac{\text{Capacidade de produção real}}{\text{Capacidade real teórica}} \Rightarrow \frac{21.600}{28.500} = 75,78 \%$$

4.1.3. Qualidade

Calculou-se relação entre o tempo de produção total pelo tempo perdido com a fabricação de peças defeituosas.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Produção Especificada}}{\text{Produção fora de especificação}} \Rightarrow \frac{21.600}{21600+720} = 97,55 \%$$

4.1.4. Cálculo de OEE

$$\text{OEE} = 95,0\% \times 75,78\% \times 97,55\% = 70,22\%$$

5. Discussão dos resultados

A partir dos resultados apresentados pode-se inferir que a paralisação de produção por falha operacional numa bomba leva à parada da produção geral e dos demais equipamentos, visto que este é dependente da outra, caracterizando uma produção em série e contínua. A paralisação do processo produtivo, segundo Gonçalves (2004), pode trazer consequências indesejáveis para o cliente, pois pode significar o não cumprimento das metas de entrega do produto, reduzindo o nível de serviço prestado.

O valor do OEE obtido demonstra quanto do percentual planejado realmente foi utilizado para uma produção eficiente; no estudo em questão, verifica-se quase 30% de perda e conseqüentemente se pode apontar que há um potencial de melhoria no planejamento do número de peças para manutenção, ou possível substituição, aumentando assim o OEE da empresa e conseqüentemente elevando a eficiência do processo. Observa-se ainda que ações como verificações de manutenções preventivas devem ser revistas de forma a diminuir a quebra. Também se recomenda a revisão dos históricos de defeitos para verificações de pontos críticos do processo, possíveis mudanças de layout ou modo de processamento devem ser considerados para aumentar o OEE do processo em questão.

6. Conclusões

O objetivo neste trabalho foi analisar o impacto da falta de componentes para manutenção em um setor de uma indústria química e sua influência na eficiência da produção, tomando como base a confiabilidade dos equipamentos, medido pelo indicador OEE.

Percebeu-se também, através da análise dos históricos da empresa em questão, o motivo de estocar ou não: mas as demandas muito baixas no início do ciclo de vida (e também no seu final) levam o gestor a questionar se a peça deve ou não ser estocada. Para muitos itens, a demanda é tão baixa que há a decisão de não estocar. Mas com indicadores de confiabilidade, e históricos pode-se uma decisão relevante a fim de evitar uma paralização da produção.

Sugere-se como pesquisas futuras e complementares ao presente estudo: (1) Cálculos detalhados no lucro cessante com cálculos de disponibilidade física, para que se tenha um estudo minucioso de viabilidade econômica, entre a decisão de estocar ou não, efetuando comparação com dados do OEE; (2) Realizar a curva ABC de estocagem em indústria do setor químico, e analisar a viabilidade de estocagem.

REFERÊNCIAS

- Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2008). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) An integrated approach to assess systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1): 8-29.
- Ballou, R. H. (2001). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M., & Motara, Y. (2003). Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9(3): 223-238.
- Bandeira, A. A. (2009). Indicadores de desempenho: instrumentos à produtividade organizacional. *Rio de Janeiro: Qualitymark*.
- Epaminondas, Luiz Antônio Rezende; Siqueira, Vinícius Borges. (2010). O Impacto da Falta de Componentes para a Manutenção das Perfuratrizes no Processo Produtivo de uma Empresa Mineradora. *XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção*, São Carlos.
- Gonçalves, P. S. (2004). *Administração de materiais*. 3ª. São Paulo: Campus.
- Hansen, R. C. (2006). *Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Porto alegre: Bookman.
- Jeong, K. Y., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11): 1404-1416.
- Mariano, E. B. (2007). Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva. In: *XII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2007*, Bauru. Anais.
- Moreira, D. A. (1998). *Administração da produção e operações*. São Paulo: Pioneira, 149-173.
- Moreira, M. A. (2014). Planejamento e controle da produção: reestruturação no layout de apertadeiras eletrônicas em uma linha de produção do ramo de autopeças. *Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá*.
- Osorio, O. M. (1992) *La capacidad de produccion y los costos*. Ediciones Macchi, Buenos Aires – Argentina.

- Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da produção. Operações industriais e de serviços*. Unicenp.
- De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2005). Equipment effectiveness: OEE revisited. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 18(1): 190-196.
- RUMMLER, G. A., & BRACHE, A. P. (1994). *Melhores desempenhos das empresas*. São Paulo: Makron Books.
- Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. (2002). *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 344-356.
- Silva, D. C., Cardoso, S. B. D. O., Herrera, V. É., Detregiachi Filho, É., & Andrade, K. A. D. D. (2014). Aplicação da ferramenta OEE em um equipamento de produção de confeitos de chocolate. In: *21 SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção*, 2014, Bauru. Anais do 21 SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2014.
- Stamatis, D. H. (2010). *The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability*. CRC Press.
- Stevenson, Willian J. (2001). *Administração das operações de produção*; Rio de Janeiro: LTC, 156-167.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman editora.
- Weil, K. E. (1966). Compra e estoque de peças para manutenção. *Revista de Administração de Empresas*, 6(19): 95-113.